

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-234167

(43)Date of publication of application : 27.08.1999

(51)Int.Cl. H04B 1/707

(21)Application number : 08-078171

(71)Applicant : KDD

(22)Date of filing : 07.03.1996

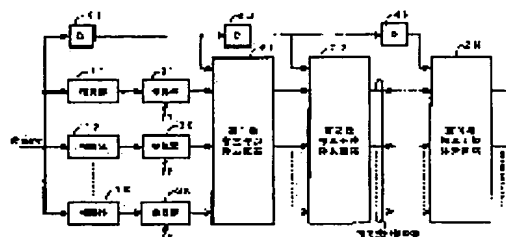
(72)Inventor : SUZUKI TOSHINORI
TAKEUCHI YOSHIO

(54) SPREAD SPECTRUM SIGNAL DEMODULATOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To allow approximate cross-correlation removal even in the case that the number of demodulation object signals increases, to improve removal characteristics per stage and to provide characteristics closer to cross-correlation removal with a small number of stages.

SOLUTION: Correlation devices 11, 12,..., 1K respectively obtain a set spread code and correlation value for input signals, latch the correlation value matching respective symbol timings, hold the latched correlation value over the period of one symbol and output it. Multipliers 31, 32,..., 3K respectively multiply set coefficients f_1, f_2, \dots, f_k to the input signals and output them. By selecting the magnitudes (f) of the coefficients f_1, f_2, \dots, f_k to be appropriate values of $0 < f < 1$, interference components are rapidly reduced and soon vanish even when the stage number of mutual interference removal circuits 21-2N is less than before.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

30.08.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-234167

(43)公開日 平成11年(1999) 8月27日

(51)Int.Cl.⁶

H 0 4 B 1/707

識別記号

F I

H 0 4 J 13/00

D

審査請求 未請求 請求項の数 6 F D (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平8-78171

(22)出願日 平成8年(1996) 3月7日

(71)出願人 000001214

ケイディディ株式会社

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号

(72)発明者 鈴木 利則

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号 国際
電信電話株式会社内

(72)発明者 武内 良男

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号 国際
電信電話株式会社内

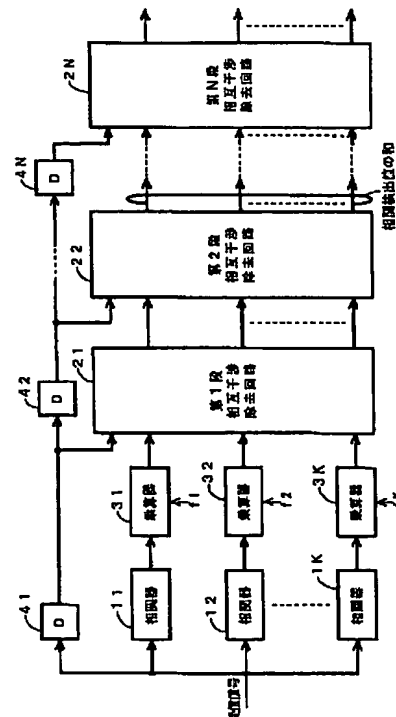
(74)代理人 弁理士 田中 香樹 (外1名)

(54)【発明の名称】 スペクトル拡散信号復調装置

(57)【要約】

【課題】 復調対象信号の数が増加した場合でも、近似的な相互相関除去を可能とし、また、一段当たりの除去特性を向上させ、少ない段数でより相互相関除去に近い特性が得られるスペクトル拡散信号復調装置を提供することにある。

【解決手段】 相関器11、12、…、1Kは、入力信号に対して、それぞれ設定された拡散符号と相関値を求め、その相関値をそれぞれのシンボルタイミングに合わせてラッチし、1シンボルの期間に渡ってラッチされた相関値を保持し、出力する。乗算器31、32、…、3Kは、入力信号に対して、設定された係数 f_1 、 f_2 、…、 f_k をそれぞれ乗じて出力する。係数 f_1 、 f_2 、…、 f_k の大きさ f を、 $0 < f < 1$ の適当な値に選ぶことによって、相互干渉除去回路21～2Nの段数が従来のものより少なくとも、干渉成分は急速に減少し、やがて消滅する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数のスペクトル拡散信号が合成された受信信号を入力とするスペクトル拡散信号復調装置において、

受信信号に含まれる個々のスペクトル拡散信号に個別に割り当てられた拡散信号と該受信信号との相関値を、それぞれのスペクトル拡散信号のシンボル毎に求めて得られた値に係数を乗じたものを第0次の相関信号とし、第0次の相関信号から第1次の複製干渉信号を作成し、前記受信信号から該第1次の複製干渉信号を減じた第1次干渉除去信号に対して、受信信号に含まれる個々のスペクトル拡散信号に個別に割り当てられた拡散符号との相関値を検出し、

その相関値に対して係数を乗じたものを第1次の相関信号とし、第1次の相関信号を出力し、第0次の相関信号と第1次の相関信号の和を出力する第1段目の相互干渉除去回路と、

前段の相互干渉除去回路の出力信号として、該第1段の相互干渉除去回路と同等の動作をする複数段の相互干渉除去回路とを具備したことを特徴とするスペクトル拡散信号復調装置。

【請求項2】 複数のスペクトル拡散信号が合成された受信信号を入力とするスペクトル拡散信号復調装置において、

受信信号に含まれる個々のスペクトル拡散信号に個別に割り当てられた拡散信号と該受信信号との相関値を、それぞれのスペクトル拡散信号のシンボル毎に求めて得られた値に係数を乗じたものを第0次の相関信号とし、第0次の相関信号から第1次送信信号複製を作成し、この第1次送信信号複製に対して、送信側と同等の帯域制限を施した第1次干渉信号複製を作成し、前記受信信号から第1次の複製干渉信号を減じた第1次干渉除去信号に対して、受信信号に含まれる個々のスペクトル拡散信号に個別に割り当てられた拡散符号との相関値を検出し、

その相関値に対して係数を乗じたものを第1次の相関信号とし、第1次の相関信号を出力し、第0次の相関信号と第1次の相関信号の和を出力する第1段目の相互干渉除去回路と、

前段の相互干渉除去回路の出力信号として、該第1段の相互干渉除去回路と同等の動作をする複数段の相互干渉除去回路とを具備したことを特徴とするスペクトル拡散信号復調装置。

【請求項3】 請求項1又は2のスペクトル拡散信号復調装置において、

復調の対象となる信号の相関出力に乘じる係数 f が、 $0 < f < 1$ の固定した値をもつことを特徴とするスペクトル拡散信号復調装置。

【請求項4】 請求項1ないし3のいずれかのスペクトル拡散信号復調装置において、

復調の対象となる信号の相関出力に乘じる係数 f として、第0次の相関信号が乗じられた係数と相互干渉除去回路において出力される相関信号が乗じられた係数を同じ値とすることを特徴とするスペクトル拡散信号復調装置。

【請求項5】 請求項1ないし3のいずれかのスペクトル拡散信号復調装置において、

復調の対象となる信号の相関出力に乘じる係数 f として、それぞれの復調対象信号の推定干渉量に応じて適応的に変化させ、相互干渉除去回路1段当たりの除去干渉量を向上させるようにしたことを特徴とするスペクトル拡散信号復調装置。

【請求項6】 請求項1ないし3のいずれかのスペクトル拡散信号復調装置において、

復調の対象となる個々のスペクトル拡散信号が無音声時などに信号の送信を一時的に保留する場合において、その信号に対応した相関値の出力に乘じる係数 f を0とすることにより、復調に必要な相関信号が他の相関信号に与える影響を抑えることを特徴とするスペクトル拡散信号復調装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明はスペクトル拡散信号復調装置に関し、特に、セルラー通信システム、構内無線通信システム、あるいは無線LANシステム等に用いられるスペクトル拡散信号復調装置に関する。

【0002】

【従来の技術】スペクトル拡散信号による符号分割多元装置(CDMA)を行うシステムにおいては、複数の信号が同時に同一の帯域を伝送されるため、各信号に割り当てられた符号間の相関によって信号間の干渉が生じ、信号数が増えるに従って特性が劣化する。さらに、信号レベルにばらつきがある場合には、小さいレベルの信号が大きいレベルの信号から受ける干渉が相対的に大きなものとなり、小さいレベルの信号の特性が大きく劣化してしまう。

【0003】スペクトル拡散方式としては、直接拡散方式を想定し、受信信号を下記の式1の r と表す。

【0004】

【数1】

$$r = d_1 \bar{c}_1 + d_2 \bar{c}_2 + \dots + d_K \bar{c}_K + n$$

$$= \sum_{i=1}^K d_i \bar{c}_i + n \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、同時に伝送される信号の個数を K 、 k 番目の送信信号を d_k 、 k 番目の信号の拡散符号を c_k 、拡散符号 c_k による拡散操作を \bar{c}_k 、伝送路上で付加される背景雑音を n としている。

【0005】拡散操作 \bar{c}_k と相関操作 $\wedge c_k$ とが同期していれば、下記の式2の規則が成立する。

【0006】

【数2】

$$d_k \bar{c}_k \hat{c}_k = z d_k \quad \dots\dots\dots (2)$$

ただし、相関操作 \hat{c}_k が終了するのは、1シンボルの伝送が完了した後であるから、これを示すために1シンボルの遅延因子 z を付けて表現している。

【0007】受信信号 r に対し、 k 番目の信号の相関値 \hat{d}_k は次のように表される。

【0008】

【数3】

$$\begin{aligned} \hat{d}_k &= r \hat{c}_k \\ &= z d_k + \left(\sum_{i \neq k} d_i \bar{c}_i + n \right) \hat{c}_k \quad \dots\dots\dots (3) \end{aligned}$$

ここで、上式の右辺第1項は希望信号、第2項は干渉信号を示している。

【0009】全ての復調対象信号を同時に記述するために、ベクトルで表現すると、次のようになる。

【0010】

【数4】

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{d}} &= (\hat{d}_1 \quad \hat{d}_2 \quad \dots \quad \hat{d}_K) \\ &= r \hat{\mathbf{c}} \\ &= r (\hat{c}_1 \quad \hat{c}_2 \quad \dots \quad \hat{c}_K) \\ &= \mathbf{d} \cdot \mathbf{C} + n \hat{\mathbf{c}} \quad \dots\dots\dots (4) \end{aligned}$$

ここで、

$$\begin{aligned} \mathbf{d} &= (d_1 \quad d_2 \quad \dots \quad d_K) \\ \mathbf{C} &= \begin{pmatrix} z & \bar{c}_1 \hat{c}_2 & \dots & \bar{c}_1 \hat{c}_K \\ \bar{c}_2 \hat{c}_1 & z & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & \bar{c}_{K-1} \hat{c}_K \\ \bar{c}_K \hat{c}_1 & \bar{c}_K \hat{c}_2 & \dots & z \end{pmatrix} \end{aligned}$$

$$\hat{\mathbf{d}}^{(N)} = r \hat{\mathbf{c}} \{ z^N + z^{N-1} (z\mathbf{I} - \mathbf{C}) + \dots + (z\mathbf{I} - \mathbf{C})^N \} \quad \dots\dots\dots (6)$$

【0015】

【発明が解決しようとする課題】近似的な逆行列演算として、前記特願平5-299085号が利用している反復演算は、一般化して表すと、式6から分かるように、

$$\mathbf{A}^{-1} = \mathbf{I} + (\mathbf{I} - \mathbf{A}) + (\mathbf{I} - \mathbf{A})^2 + \dots + (\mathbf{I} - \mathbf{A})^N + \dots \quad \dots\dots\dots (7)$$

ここで用いられている逆行列の無限級数展開には、収束半径があって、復調対象信号の数が増加すると、この収束半径を越す可能性がある。この場合には式7の右辺は発散することになり、もはや正常な復調動作はできなくなる。

【0017】本発明の目的は、前記した従来技術の問題点に鑑みてなされたものであり、復調対象信号の数が増

ここで、ベクトル \mathbf{C} は相関行列と呼ばれるもので、相互干渉はベクトル \mathbf{C} の対角成分に現れている。

【0011】ベクトル \mathbf{C} の逆行列 \mathbf{C}^{-1} を求めて、相互干渉を除去することを、相互相関除去と呼ぶ。相互相関除去によって得られる復調信号 $\hat{\mathbf{d}}^{(\infty)}$ は、次の式で表される。

【0012】

【数5】

$$\hat{\mathbf{d}} \cdot \mathbf{C}^{-1} = \hat{\mathbf{d}}^{(\infty)} = \mathbf{d} + n \hat{\mathbf{c}} \cdot \mathbf{C}^{-1} \quad \dots\dots\dots (5)$$

逆行列を求める操作は、一般に、行列の大きさの3乗に比例した計算量が必要であるため、移動通信のように、復調対象となる信号の位相関係が変動する場合には、この操作をリアルタイムで行うことは困難である。

【0013】これを解決するために、特願平5-299085号において、逆行列演算を無限回の反復演算に置き換えて、それぞれの反復演算に対応する回路を複数個多段接続することにより、近似的に相互相関除去と同等の処理をリアルタイムで行うものである。段数を N 段とすると、その相関出力 $\hat{\mathbf{d}}^{(N)}$ は、次の式のようになる。

【0014】

【数6】

次の式7に示す逆行列の無限級数展開である。

【0016】

【数7】

加した場合でも、近似的な相互相関除去を可能とするスペクトル拡散信号復調装置を提供することにある。また、他の目的は、一段当たりの除去特性を向上させ、少ない段数でより相互相関除去に近い特性が得られるスペクトル拡散信号復調装置を提供することにある。

【0018】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するため

に、この発明は、複数のスペクトル拡散信号が合成された受信信号を入力とするスペクトル拡散信号復調装置において、受信信号に含まれる個々のスペクトル拡散信号に個別に割り当てられた拡散信号と該受信信号との相関値を、それぞれのスペクトル拡散信号のシンボル毎に求めて得られた値に係数を乗じたものを第0次の相関信号とし、第0次の相関信号から干渉信号の第1次送信信号複製を作成し、前記受信信号から第1次の複製干渉信号を減じた第1次干渉除去信号に対して、受信信号に含まれる個々のスペクトル拡散信号に個別に割り当てられた拡散信号との相関値を検出し、その相関値に対して係数を乗じたものを第1次の相関信号とし、第1次の相関信号を出力し、第0次の相関信号と第1次の相関信号の和を出力する第1段目の相互干渉除去回路と、前段の相互干渉除去回路の出力信号として、該第1段の相互干渉除去回路と同等の動作をする複数段の相互干渉除去回路とを具備した点に特徴がある。

【0019】また、前記受信信号に含まれる個々のスペクトル拡散信号に個別に割り当てられた拡散信号と該受信信号との相関値、および各段の相互干渉除去回路において個別に求められる相関値に乘じられる係数 f が、 $0 < f < 1$ の固定した値をもつようにした点、該係数 f に関し、第0次の相関信号が乘じられた係数と相互干渉除去回路において出力される相関信号が乘じられた係数が同じ値となるようにした点、係数 f をそれぞれの復調対象信号の推定干渉量に応じて適応的に変化させるようにした点、あるいは復調の対象となる個々のスペクトル拡散信号が無音声時などに信号の送信を一時的に保留する場合において、その信号に対応した相関値の出力に乘じる係数 f を0とするようにした点に、他の特徴がある。

【0020】この発明によれば、復調対象信号の数が増加した場合でも、近似的な相互相関除去が可能となる。また、一段当たりの除去特性がを向上するので、少ない段数でより相互相関除去に近い特性が得られる。

【0021】

【発明の実施の形態】以下に、図面を参照して、本発明を詳細に説明する。図1は本発明の一実施形態のスペクトル拡散信号復調装置の全体構成を示すブロック図である。図1において、11、12、…、1Kは相関器、21、22、…、2Nは相互干渉除去回路、31、32、…、3Kは、入力信号に対して、それぞれ f_1 、 f_2 、…、 f_k を乗じる乗算器、41、42、…、4Nは、1シンボル期間、信号を遅らせて出力する遅延器である。なお、第1～第N段の相互干渉除去回路21、22、…、2Nは、同一または同等の構成を有している。

【0022】前記相関器11、12、…、1Kは、入力信号に対して、それぞれ設定された拡散信号と相関値を求め、その相関値をそれぞれのシンボルタイミングに合わせてラッチし、1シンボルの期間に渡ってラッチされた相関値を保持し、出力する。乗算器31、32、…、

3Kは、入力信号に対して、設定された係数 f_1 、 f_2 、…、 f_k をそれぞれ乗じて出力する。係数が2のべき乗であれば、この処理はビット操作で済むため、高速処理が可能になる。

【0023】次に、図2は図1の第N段目の相互干渉除去回路の詳細な構成を示すブロック図である。図において、201、202、…、20Kは再変調器、210は加算器、312は減算器、221、222、…、22Kは相関器、231、232、…、23Kは遅延器、241、242、…、24Kは加算器、251、252、…、25Kは入力信号に対して、それぞれ係数 f_1 、 f_2 、…、 f_k を乗じる乗算器である。ここでは、干渉除去の段数をNとしている。

【0024】次に、前記再変調器201の一具体例を図3を参照して説明する。なお、前記再変調器201、202、…、20Kのそれぞれは同一または同等の構成を有しているので、ここでは再変調器201を代表にあげて説明する。また、図1の相関器11～1Kも同構成である。図3において、72は符号信号発生器、73は乗算器である。符号信号発生器72はシンボルタイミングに合わせて、予め設定されている符号信号を発生する。乗算器73は、入力信号と符号信号とを乗じた結果を出力する。

【0025】図4は、前記相関器221の一具体例を示すブロック図である。なお、相関器221、222、…、22Kのそれぞれは同一または同等の構成を有しているので、ここでは相関器221を代表にあげて説明する。図において、81は符号信号発生器、82は乗算器、83はシンボル積分器である。符号信号発生器81は、シンボルタイミングに合わせて、予め設定されている符号信号を発生させる。乗算器82は符号信号と入力信号とを乗じた結果を出力する。シンボル積分器83は、入力される信号を1シンボルに渡って積分した結果を出力するものであり、例えば図5に示されているように構成することができる。

【0026】図5において、831は加算器、832はサンプル遅延器、833はラッチ回路である。サンプル遅延器832の出力は、シンボルタイミング毎に0にリセットされ、加算器831によって入力信号と遅延器832の出力を加算し、その結果を遅延器832で遅延して、再度加算器831によって入力信号を1シンボルに渡って積分した値となっている。ラッチ回路833はシンボルタイミングに応じて、この積分値をラッチし、1シンボルの期間に渡ってその値を出力する。なお、以上の説明においては、ハードウェアにより処理を実現する例を示しているが、本発明はこれに限定されず、汎用のプロセッサおよびメモリ等から構成される回路を用いて、ソフトウェアにより同様の処理を実現することも可能である。

【0027】次に、本実施形態の動作ならびに干渉除去

の原理を説明する。図1の相関器11～1Kは、図4を参照すれば明らかなように、前記式1で表される受信信号 r に対して相関処理を行い、それぞれ設定された拡散符号との相関値をそれぞれシンボルタイミングに合わせてラッチし、1シンボルの期間に渡ってラッチされた相

$$\hat{d}_k = z d_k + \left(\sum_{i \neq k}^K d_i \bar{c}_i + n \right) \hat{c}_k$$

相関器1Kの出力 \hat{d}_k に対して、乗算器3Kにより係数 f_k を乗じた値 $\hat{d}_k^{(0)}$ を第1段の相互干渉除去回路21の入力信号とする。

【0030】

【数9】

$$\hat{d}_k^{(0)} = f_k \hat{d}_k \quad \dots\dots\dots (9)$$

図2に示される第 n ($n=1, 2, \dots, N$) 段の相互干渉除去回路の動作について説明する。入力された信号 $\hat{d}_k^{(n-1)}$ は、再変調器20Kにおいて再変調され、演算子 c_k を用いた式10で記述される第 n 次の複製干渉信号が作成される。

【0031】

【数10】

$$\text{第 } n \text{ 次の複製干渉信号} = \hat{d}_k^{(n-1)} \bar{c}_k \quad \dots\dots\dots (10)$$

加算器210には、再変調器201～20Kの全ての出力信号（第 n 次複製干渉信号）が加算されるので、その出力は式11で記述できる。

【0032】

$$\begin{aligned} & \left(z^n r - \sum_{i=1}^K \hat{d}_i^{(n-1)} \bar{c}_i \right) \hat{c}_k \\ &= z^n r \hat{c}_k - z \hat{d}_k^{(n-1)} - \sum_{i=1, i \neq k}^K \hat{d}_i^{(n-1)} \bar{c}_i \hat{c}_k \quad \dots\dots\dots (13) \end{aligned}$$

乗算器25Kは式13で表される相関器22の出力を係数 f_k 倍して出力する。

$$\begin{aligned} & f_k \left(z^n r - \sum_{i=1}^K \hat{d}_i^{(n-1)} \bar{c}_i \right) \hat{c}_k \\ &= f_k \left(z^n r \hat{c}_k - z \hat{d}_k^{(n-1)} - \sum_{i=1, i \neq k}^K \hat{d}_i^{(n-1)} \bar{c}_i \hat{c}_k \right) \quad \dots\dots\dots (14) \end{aligned}$$

加算器24Kでは、式14で表される乗算器25Kの出力信号と、入力信号 $\hat{d}_k^{(n-1)}$ が遅延器23Kにより1シンボル遅れて出力された信号 $z \hat{d}_k^{(n-1)}$ が加算され、第 n 段の相互干渉除去回路の第 k 成分 $\hat{d}_k^{(n)}$

関値を保持して出力する。

【0028】相関器1K ($K=1, 2, \dots, K$) が出力する信号 \hat{d}_k は、次の式8のようになる。

【0029】

$$\text{【数8】} \quad \dots\dots\dots (8)$$

【数11】

$$\sum_{k=1}^K \hat{d}_k^{(n-1)} \bar{c}_k \quad \dots\dots\dots (11)$$

減算器312には、式11で表せる加算器210の出力と n シンボル時間遅れた受信信号 r が入力される。この様子は、式12で記述される。

【0033】

【数12】

$$z^n r - \sum_{i=1}^K \hat{d}_i^{(n-1)} \bar{c}_i \quad \dots\dots\dots (12)$$

減算器312の出力（式12）は、受信信号から第 n 次複製干渉信号を減じた第 n 次干渉除去信号となる。

【0034】相関器22Kは、第 n 次干渉除去信号に対して、シンボルタイミングに合わせて拡散信号 c_k との相関処理を行う。この出力は式13で与えられる。

【0035】

【数13】

【0036】

【数14】

として出力される。

【0037】

【数15】

$$\begin{aligned}\hat{d}_k^{(n)} &= z\hat{d}_k^{(n-1)} + f_k \left(z^n r - \sum_{i=1}^K \hat{d}_i^{(n-1)} \bar{c}_i \right) \hat{c}_k \\ &= f_k z^n r \hat{c}_k + (1 - f_k) z \hat{d}_k^{(n-1)} - f_k \sum_{i=1, i \neq k}^K \hat{d}_i^{(n-1)} \bar{c}_i \hat{c}_k \dots \dots \dots (15)\end{aligned}$$

これを全ての復調対象信号k (k=1、2、…、K) に対して表現するためにベクトルによる記法を導入する。
式15から、第n段の相互干渉除去回路の出力は式16

で表せる。
【0038】
【数16】

$$\begin{aligned}\hat{\mathbf{d}}^{(n)} &= \begin{pmatrix} \hat{d}_1^{(n)} & \hat{d}_2^{(n)} & \dots & \hat{d}_K^{(n)} \end{pmatrix} \\ &= z^n r \hat{\mathbf{c}} \cdot \begin{pmatrix} f_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & f_2 & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & f_K \end{pmatrix} + \hat{\mathbf{d}}^{(n-1)} \cdot \begin{pmatrix} z(1-f_1) & -f_2 \bar{c}_1 \hat{c}_2 & \dots & -f_K \bar{c}_1 \hat{c}_K \\ -f_1 \bar{c}_2 \hat{c}_1 & z(1-f_2) & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & -f_K \bar{c}_{K-1} \hat{c}_K \\ -f_1 \bar{c}_K \hat{c}_1 & \dots & -f_{K-1} \bar{c}_K \hat{c}_{K-1} & z(1-f_K) \end{pmatrix} \\ &= z^n r \hat{\mathbf{c}} \cdot \mathbf{F} + \hat{\mathbf{d}}^{(n-1)} \cdot \mathbf{T} \dots \dots \dots (16)\end{aligned}$$

ここでは、ベクトルTは1段の相互干渉除去回路の伝達関数行列、ベクトルFをフィードフォワード係数行列と呼ぶ。

4を代入すると、最終段Nでの出力は式17となる。
【0040】
【数17】

【0039】式16を再帰的に代入し、式9ならびに式

$$\begin{aligned}\hat{\mathbf{d}}^{(N)} &= z^N r \hat{\mathbf{c}} \cdot \mathbf{F} + z^{N-1} r \hat{\mathbf{c}} \cdot \mathbf{F} \cdot \mathbf{T} + \dots + z r \hat{\mathbf{c}} \cdot \mathbf{F} \cdot \mathbf{T}^{N-1} + \hat{\mathbf{d}}^{(0)} \cdot \mathbf{T}^N \\ &= z^N r \hat{\mathbf{c}} \cdot \mathbf{F} + z^{N-1} r \hat{\mathbf{c}} \cdot \mathbf{F} \cdot \mathbf{T} + \dots + z r \hat{\mathbf{c}} \cdot \mathbf{F} \cdot \mathbf{T}^{N-1} + \hat{\mathbf{d}} \cdot \mathbf{F} \cdot \mathbf{T}^N \\ &= z^N r \hat{\mathbf{c}} \cdot \mathbf{F} + z^{N-1} r \hat{\mathbf{c}} \cdot \mathbf{F} \cdot \mathbf{T} + \dots + z r \hat{\mathbf{c}} \cdot \mathbf{F} \cdot \mathbf{T}^{N-1} + \hat{\mathbf{c}} \cdot \mathbf{F} \cdot \mathbf{T}^N \dots \dots \dots (17)\end{aligned}$$

式17は式4により更に変形できて、式18を得る。

【数18】

【0041】

$$\begin{aligned}r \hat{\mathbf{c}} \cdot \mathbf{F} &= (\mathbf{d} \cdot \mathbf{C} + n \hat{\mathbf{c}}) \cdot \mathbf{F} \\ &= \mathbf{d} \cdot (z \mathbf{I} - \mathbf{T}) + n \hat{\mathbf{c}} \cdot \mathbf{F} \\ \hat{\mathbf{d}}^{(N)} &= z^{N+1} \mathbf{d} - \mathbf{T}^{N+1} \cdot \mathbf{d} + n \hat{\mathbf{c}} \cdot \sum_{j=0}^N \mathbf{T}^j \dots \dots \dots (18)\end{aligned}$$

干渉成分は、式18の右辺第2項に含まれているので、この項を0にするようなことになる。なお、該式18の右辺第3項は背景雑音である。

【0042】

【数19】

$$\lim_{N \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{z} \mathbf{T} \right)^N \rightarrow 0 \dots \dots \dots (19)$$

係数 f_1 、 f_2 、…、 f_K を、本発明によるスペクトル拡散信号復調回路を適用するシステムに応じて設定することにより、本発明が解決しようとしている課題を達成することができる。

【0043】次に、式19を満たすような係数を決定することができることを、理論的に説明する。ただし、説明を簡単にするために、ユーザ間が同期しており、かつスペクトル拡散信号はガウス伝送路をベースバンド伝送されるものとする。また、ここで設けた仮定は、理論的な実証を簡単に行うためであり、これらの前提が成立しないシステムに適用した場合でも、本発明による効果が得られる。

【0044】相関行列Cは、ユーザ間で同期していることから、式20で与えられる。

【0045】

【数20】

$$\mathbf{C} = \frac{1}{z} \begin{pmatrix} 1 & c_{1,2} & \cdots & c_{1,K} \\ c_{2,1} & 1 & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & c_{K-1,K} \\ c_{K,1} & \cdots & c_{K,K-1} & 1 \end{pmatrix} \quad \dots\dots\dots (20)$$

また、ベクトル \mathbf{T}/z は、式 2 1 で与えられる。

【数 2 1】

【0 0 4 6】

$$\frac{1}{z} \mathbf{T} = \begin{pmatrix} 1-f_1 & -f_1 c_{1,2} & \cdots & -f_1 c_{1,K} \\ -f_1 c_{2,1} & 1-f_2 & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & -f_1 c_{K-1,K} \\ -f_1 c_{K,1} & \cdots & -f_1 c_{K,K-1} & 1-f_K \end{pmatrix} \quad \dots\dots\dots (21)$$

ここに、ベクトル \mathbf{C} の非対角成分は相互相関量を表し、その大きさは 1 より小さい。1 は単位行列である。

【0 0 4 7】式 2 1 が K 個の独立した固有ベクトルに分解できた時、それぞれのベクトルを列ベクトルとしてもつ行列 \mathbf{G} 、それぞれの列ベクトルに対応する固有値を対角成分にもつ行列 \mathbf{H} を用いて、次のように変形できる。

【0 0 4 8】

【数 2 2】

$$\frac{1}{z} \mathbf{T} \mathbf{G} = \mathbf{G} \mathbf{H} \quad \dots\dots\dots (22)$$

$$\mathbf{H} = \begin{pmatrix} 1-f_1 \alpha_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1-f_2 \alpha_2 & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & 1-f_K \alpha_K \end{pmatrix} \quad \dots\dots\dots (23)$$

ベクトル \mathbf{G} には、逆行列 \mathbf{G}^{-1} が存在するから、それを用いれば、式 2 4 を得る。

【0 0 5 0】

【数 2 4】

$$\frac{1}{z} \mathbf{T} = \mathbf{G} \mathbf{H} \mathbf{G}^{-1} \quad \dots\dots\dots (24)$$

$$\begin{aligned} \left(\frac{1}{z} \mathbf{T} \right)^N &= \mathbf{G} \mathbf{H}^N \mathbf{G}^{-1} \\ &= \mathbf{G} \begin{pmatrix} (1-f_1 \alpha_1)^N & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & (1-f_2 \alpha_2)^N & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & 0 \\ 0 & \cdots & 0 & (1-f_K \alpha_K)^N \end{pmatrix} \mathbf{G}^{-1} \quad \dots\dots\dots (25) \end{aligned}$$

相互干渉除去回路の段数を増やすに従って、干渉成分が減少し、やがて消滅するための係数 f_1 、 f_2 、 \cdots 、 f_K の条件は、式 1 9、式 2 5 から、次の式 2 6 になる。

【0 0 5 2】

もし、式 2 1 が K 個の固有ベクトルを持たない場合には、ベクトル \mathbf{T} が有しない基底ベクトルをベクトル \mathbf{G} に加え、それに対応する固有値を、 α_1 、 α_2 、 \cdots 、 α_K とすると、ベクトル \mathbf{H} は、 $\mathbf{T} = z \mathbf{I} - \mathbf{C} \mathbf{F}$ により、次の式 2 3 で表される。

【0 0 4 9】

【数 2 3】

式 2 4 を式 1 9 に代入すれば、式 2 5 を得る。

【0 0 5 1】

【数 2 5】

【数 2 6】

$$\max_i |1-f_i \alpha_i| < 1 \quad \dots\dots\dots (26)$$

係数 f の設定の仕方として、式 2 6 を満たすような値を

設定することが有効である。固有値 α_i は、相関行列によって決まるので、本発明を適用するシステムが使用する拡散符号や遅延時間の分布、波形整形の方法等により、固有値 α_i は異なる。

【0053】次に、本実施形態の一具体例について説明する。係数 f_1 、 f_2 、…、 f_k を固定的に持つのであれば、拡散符号として符号長64のランダム符号、ユーザ間同期、帯域制限なしのシステムに適用する場合において、全ての係数を等しくし($f_1 = f_2 = \dots = f_k = f$)、同時のユーザ数が16、32、64となる時は、 f はそれぞれ、0.8、0.6、0.5程度に設定すれば、最適な特性が得られる。なお、前記特願平5-299085号における処理は、本発明による装置で $f = 1.0$ に設定することに相当する。

【0054】勿論、使用する拡散符号、遅延時間の分布、波形整形の方法、同時ユーザ数が異なった場合においても、最適な係数 f が存在することは自明であり、本発明によるスペクトル拡散信号復調装置はそのような係数 f を設定することにより、多様なスペクトル拡散システムに柔軟に対応することが可能である。

【0055】次に、本発明の第2の実施形態を、図6のブロック図を参照して説明する。この実施形態が図1と異なる点は、復調対象信号の拡散符号 c_k の位相情報を検出する位相情報検出器51と、相互干渉推定器52と、1シンボル期間遅延器61、62、…、6Nを設けた点である。なお、他の符号は、図1と同一または同等物を示す。

【0056】位相情報検出器51は復調対象信号の拡散符号の位相情報を検出する。相互干渉推定器52は、該位相情報から、各復調対象信号が他の復調対象信号にどの程度干渉を与えているかを推定し、与えている干渉が大きい復調対象信号については比較的小さい係数 f_k を出力する。逆に、与干渉が小さい復調対象信号については比較的大きい係数 f_k を出力する。このようにして決定された係数 f_1 、 f_2 、…、 f_k は、それぞれ乗算器31、32、…、3Kに入力される。また、該係数 f_1 、 f_2 、…、 f_k は、1シンボル期間遅延器61、62、…、6Nで遅延された後、それぞれ第1段、第2段、…、第N段の相互干渉除去回路21、22、…、2Nの中の各乗算器251、252、…、25Kに入力される。

【0057】以上のように、係数 f_1 、 f_2 、…、 f_k を変動する相互干渉量に応じて適宜変更することにより、相互干渉回路一段当たりの特性を更に向上させることが可能である。 k 番目($k=1, 2, \dots, K$)の復調対象信号が瞬間的に多くの干渉を受けている場合には、乗算器3kならびに25kに設定される係数 f_k を瞬間的に小さな値に設定することにより、復調特性が更に向上する。

【0058】次に、本発明の第3の実施形態を、図7を

参照して説明する。図において、71は送信状態検出器、72は無音検出器であり、他の符号は図1または図6と同一または同等物を示す。送信状態検出器71は復調対象信号の送信状態、すなわち復調対象信号が音声あるいは信号の送信が停止されている状態にあるか否かの検出をする。無音検出器72は該送信状態検出器71の出力信号に応じて、係数 f_1 、 f_2 、…、 f_k を決定する。無音あるいは送信が停止されている復調対象信号については、係数 f_k を0とする。送信を行っている復調対象信号については、予め決められた値、または相互干渉推定器が出力する値を係数として出力する。なお、送信停止の検出方法の一例として、送信局が送信停止の直前に送信停止を通知する方法がある。送信状態検出器71はこの送信停止通知信号に基づいて、無音検出を行うことができる。

【0059】本実施形態によれば、適用するシステムがボイスアクチベーション等により一時的に信号の送信を停止する場合には、一時的に送信が停止された復調対象信号に対応する乗算器の係数を0にすることができる。このため、背景雑音が他の復調対象信号に加わるのを抑えることができるので、特性がさらに向上する。

【0060】以上述べたように、本発明の第1～第3の実施形態によれば、最適な乗算係数 f_k を設定することにより、復調対象信号の数が増えた場合においても、相互干渉除去回路を増やすことにより、干渉成分を安定して減らすことができる。

【0061】次に、本発明の第4の実施形態について、図8を参照して説明する。図8は図1で示した相互干渉除去回路の一実施形態の構成を示すブロック図であり、図2の構成に比べて、加算器210と減算器312の間に送信側で行う帯域制限と同じ処理を行う帯域制限フィルタ213が追加されている。帯域制限フィルタ213は第 n 次の複製干渉信号が実際の伝送路上の干渉信号に近いものにすることができるので、干渉除去特性がより向上する。他の動作については、図2のものと同一または同等である。この実施形態は、運用するスペクトル拡散システムが送信信号の帯域制限を行っている場合に有効となる。

【0062】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、請求項1～6の発明によれば、復調対象信号の数が増加した場合でも、近似的な相互相関除去を可能とすることができ、装置の信頼性が向上する。請求項2の発明によれば、相互干渉除去回路に帯域制限フィルタが追加されているので、複製干渉信号を実際の伝送路上の干渉信号に近いものにすることができ、干渉除去特性がより向上する。他の動作については、図2のものと同一または同等である。この発明は、運用するスペクトル拡散システムが送信信号の帯域制限を行っている場合に有効となる。

【0063】請求項4の全ての係数 f を等しくした場合、拡散符号の符号長が64のランダム符号であり、ユーザ間が同期しており、帯域制限なしのシステムに適用されると、同時ユーザ数が16、32、64となる時、係数 f をそれぞれ0.8、0.6、0.5程度に設定すると、同時ユーザ数が16の時には、3段および6段の相互干渉除去回路の構成で、それぞれ干渉量がそれぞれ約10dBおよび21dB減少し、同時ユーザ数が32の時には、3段および6段の相互干渉除去回路の構成で、それぞれ干渉量がそれぞれ約8dBおよび11.5dB減少し、同時ユーザ数が64の時には、3段および6段の相互干渉除去回路の構成で、それぞれ干渉量がそれぞれ約4.5dBおよび5.5dB減少する。

【0064】また、同じ係数 f を設定し、フェージング周波数と1シンボル期間の積が $1/128$ 程度の高速レイリーフェージング環境においては、同時ユーザ数が32の場合、ユーザ間同期時には、干渉量が3段で、7dB、6段で10dB軽減する。また、ユーザ間非同期の時には、干渉量が4段で10dB、8段で15dBの除去特性を得ることができる。

【0065】請求項5の発明によれば、復調の対象となる信号の相関出力に乘じる係数 f を、それぞれの復調対象信号の推定干渉量に応じて適応的に変化させるようにしているので、相互干渉除去回路1段当たりの除去干渉量を向上させることができる。このため、少ない段数でより相互相関除去に近い特性を得ることができる。

【0066】請求項6の発明によれば、復調の対象となる個々のスペクトル拡散信号が無音声になったような場合に、その信号に対応した相関値の出力に乘じる係数 f

を0とするようにしたので、復調に必要な相関信号が他の相関信号に与える影響を抑えることができ、良好なスペクトル拡散信号を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施形態の概略の構成を示すブロック図である。

【図2】 図1の相互干渉除去回路の詳細を示すブロック図である。

【図3】 図2の再変調器の一具体例を示すブロック図である。

【図4】 図2の相関器の一具体例を示すブロック図である。

【図5】 図4のシンボル積分器の一具体例を示すブロック図である。

【図6】 本発明の第2の実施形態の概略の構成を示すブロック図である。

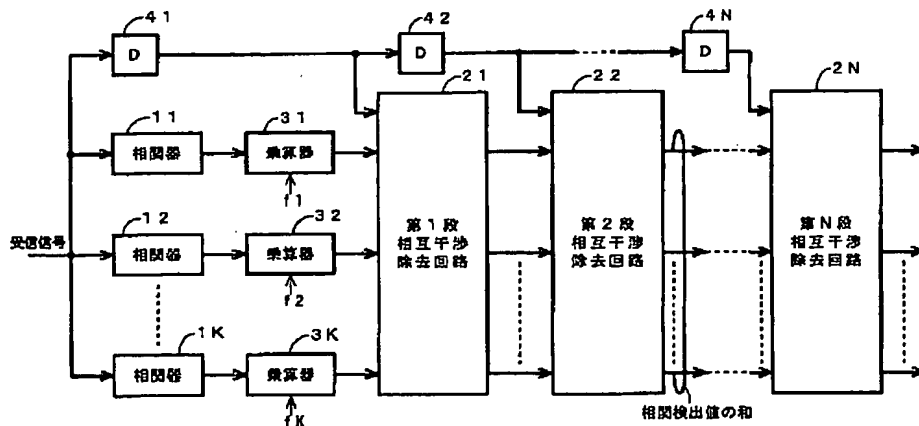
【図7】 本発明の第3の実施形態の概略の構成を示すブロック図である。

【図8】 本発明の第4の実施形態の概略の構成を示すブロック図である。

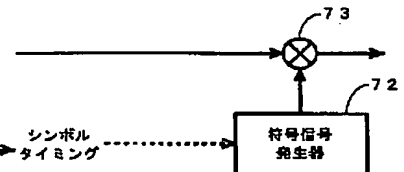
【符号の説明】

11~1K...相関器、21~2N...第1~N段相互干渉除去回路、31~3K...乗算器、41~4N...遅延器、201~20K...再変調器、210...加算器、213...帯域制限フィルタ、221~22K...相関器、231~23K...遅延器、241~24K...加算器、312...減算器、51...拡散符号の位相情報検出器、52...相互干渉推定器、61~6N...遅延器、71...送信状態検出器、72...無音検出器。

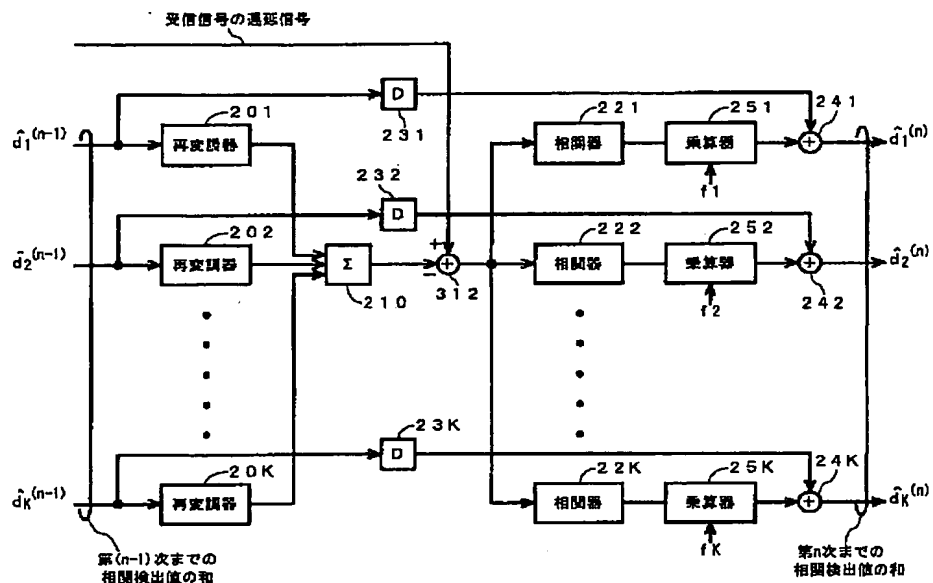
【図1】



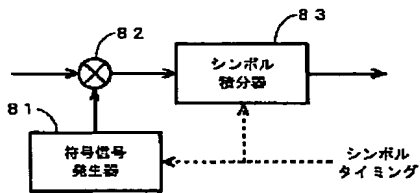
【図3】



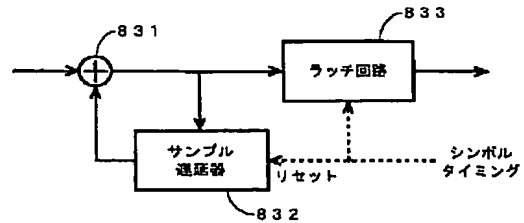
【図2】



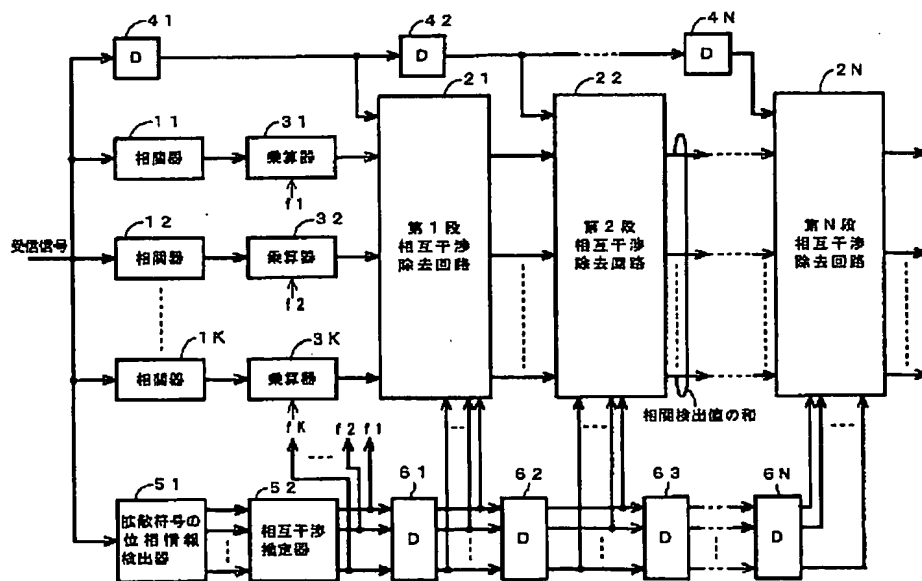
【図4】



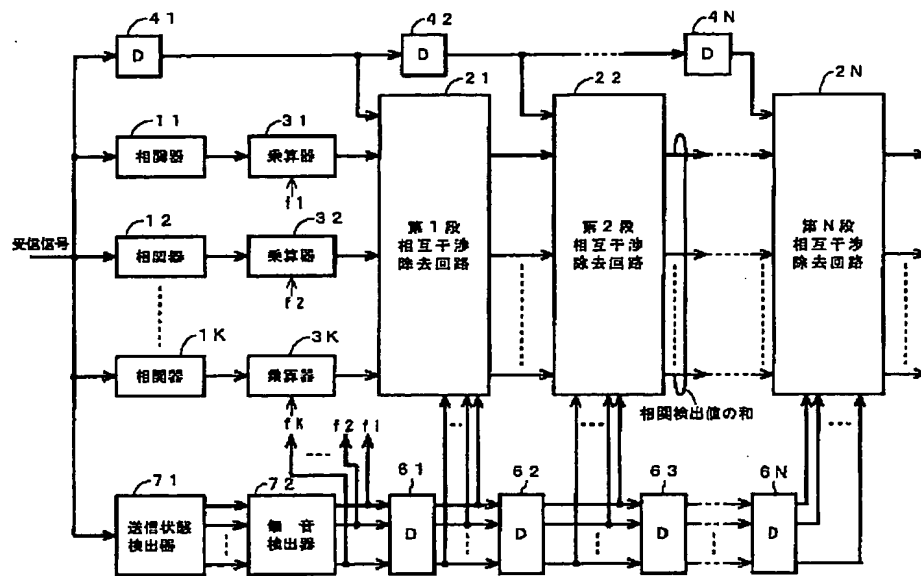
【図5】



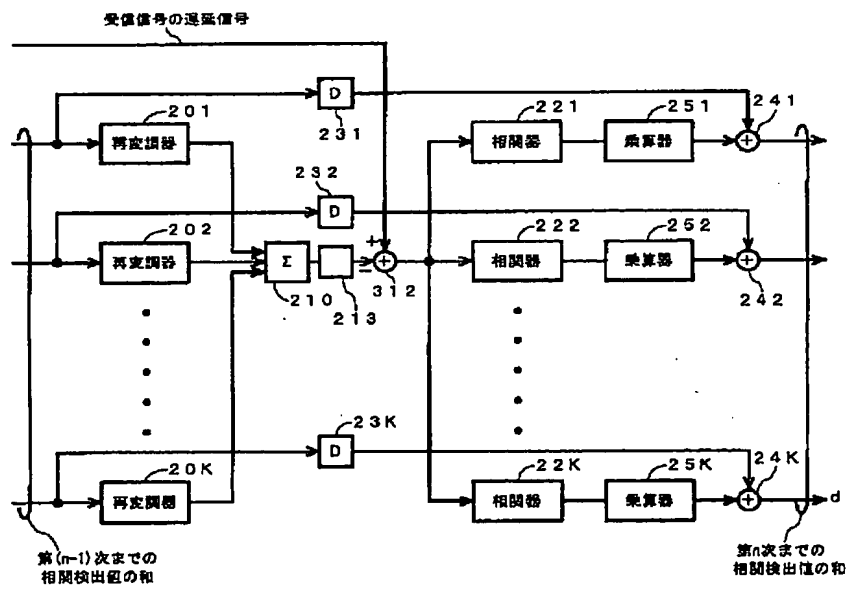
【図6】



【図7】



【図8】



【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載
【部門区分】第7部門第3区分
【発行日】平成13年6月8日(2001.6.8)

【公開番号】特開平11-234167
【公開日】平成11年8月27日(1999.8.27)
【年通号数】公開特許公報11-2342
【出願番号】特願平8-78171
【国際特許分類第7版】

H04B 1/707

【FI】

H04J 13/00 D

【手続補正書】

【提出日】平成11年8月30日(1999.8.30)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数のスペクトル拡散信号が合成された受信信号を入力とするスペクトル拡散信号復調装置において、

受信信号に含まれる個々のスペクトル拡散信号に個別に割り当てられた拡散符号と該受信信号との相関値を検出する第0次の相関値検出手段と、

前記第0次の相関値検出手段により検出された相関値を、個々のスペクトル拡散信号のシンボル毎に再度拡散することにより、該スペクトル拡散信号の複製干渉信号を作成する第1次の複製干渉信号作成手段と、

前記受信信号から、前記複製干渉信号作成手段により得られた複製干渉信号を減じる減算手段と、

前記減算手段から得られた干渉除去信号に対して、受信信号に含まれる個々のスペクトル拡散信号に個別に割り当てられた拡散符号との相関値を検出する第1次の相関値検出手段と、

前記第0次の相関値検出手段と第1次の相関値検出手段との間に設けられた、 $0 < f < 1$ の係数 f を乗じる乗算手段とを具備し、

前記第1次の複製干渉信号作成手段、減算手段、第1次の相関値検出手段、および乗算手段からなる相互干渉除去回路を少なくとも1段具備したことを特徴とするスペクトル拡散信号復調装置。

【請求項2】 複数のスペクトル拡散信号が合成された受信信号を入力とするスペクトル拡散信号復調装置において、

受信信号に含まれる個々のスペクトル拡散信号に個別に割り当てられた拡散信号と該受信信号との相関値を、そ

れぞれのスペクトル拡散信号のシンボル毎に求めて得られた値に $0 < f_1 < 1$ の係数 f_1 を乗じたものを第0次の相関信号とし、第0次の相関信号から第1次の複製干渉信号を作成し、

前記受信信号から該第1次の複製干渉信号を減じた第1次干渉除去信号に対して、受信信号に含まれる個々のスペクトル拡散信号に個別に割り当てられた拡散符号との相関値を検出し、

その相関値に対して $0 < f_2 < 1$ の係数 f_2 を乗じたものを第1次の相関信号とし、第1次の相関信号を出力し、第0次の相関信号と第1次の相関信号の和を出力する第1段目の相互干渉除去回路を具備し、

該第1段の相互干渉除去回路と同等の動作をする少なくとも1段の相互干渉除去回路を具備したことを特徴とするスペクトル拡散信号復調装置。

【請求項3】 複数のスペクトル拡散信号が合成された受信信号を入力とするスペクトル拡散信号復調装置において、

受信信号に含まれる個々のスペクトル拡散信号に個別に割り当てられた拡散符号と該受信信号との相関値を検出する第0次の相関値検出手段と、

前記第0次の相関値検出手段により検出された相関値を、個々のスペクトル拡散信号のシンボル毎に再度拡散することにより、該スペクトル拡散信号の複製干渉信号を作成する第1次の複製干渉信号作成手段と、

前記複製干渉信号作成手段から得られた複製干渉信号の帯域制限を行う波形整形手段と、

前記受信信号から、前記波形整形手段により得られた第2の複製干渉信号を減じる減算手段と、

前記減算手段から得られた干渉除去信号に対して、受信信号に含まれる個々のスペクトル拡散信号に個別に割り当てられた拡散符号との相関値を検出する第1次の相関値検出手段と、

前記第0次の相関値検出手段と第1次の相関値検出手段との間に設けられた、 $0 < f < 1$ の係数 f を乗じる乗算手段とを具備し、

前記第1次の複製干渉信号作成手段、波形整形手段、減算手段、第1次の相関値検出手段、および乗算手段からなる相互干渉除去回路を少なくとも1段具備したことを特徴とするスペクトル拡散信号復調装置。

【請求項4】 複数のスペクトル拡散信号が合成された受信信号を入力とするスペクトル拡散信号復調装置において、

受信信号に含まれる個々のスペクトル拡散信号に個別に割り当てられた拡散信号と該受信信号との相関値を、それぞれのスペクトル拡散信号のシンボル毎に求めて得られた値に $0 < f_1 < 1$ の係数 f_1 を乗じたものを第0次の相関信号とし、第0次の相関信号から作成した第1次の再拡散信号に対して、該受信信号に施されている波形整形と同等の帯域制限を施した第1次複製干渉信号を作成し、

前記受信信号から第1次の複製干渉信号を減じた第1次干渉除去信号に対して、受信信号に含まれる個々のスペクトル拡散信号に個別に割り当てられた拡散信号との相関値を検出し、

その相関値に対して $0 < f_2 < 1$ の係数 f_2 を乗じたものを第1次の相関信号とし、第1次の相関信号を出力し、第0次の相関信号と第1次の相関信号の和を出力する第1段目の相互干渉除去回路を具備し、

該第1段の相互干渉除去回路と同等の動作をする少なくとも1段の相互干渉除去回路を具備したことを特徴とするスペクトル拡散信号復調装置。

【請求項5】 請求項2または4のスペクトル拡散信号復調装置において、

前記係数 f_1 と f_2 を同じ値とすることを特徴とするスペクトル拡散信号復調装置。

【請求項6】 請求項1ないし4のいずれかのスペクトル拡散信号復調装置において、

復調の対象となる信号の相関出力に乘じる係数として、それぞれの復調対象信号の推定干渉量に応じて適応的に変化させ、相互干渉除去回路1段当たりの除去干渉量を向上させるようにしたことを特徴とするスペクトル拡散

信号復調装置。

【請求項7】 請求項1ないし4のいずれかのスペクトル拡散信号復調装置において、

復調の対象となる個々のスペクトル拡散信号が無音声時などに信号の送信を一時的に保留する場合において、その信号に対応した相関値の出力に乘じる係数を0とすることにより、復調に必要な相関信号が他の相関信号に与える影響を抑えることを特徴とするスペクトル拡散信号復調装置。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0018

【補正方法】変更

【補正内容】

【0018】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するために、この発明は、複数のスペクトル拡散信号が合成された受信信号を入力とするスペクトル拡散信号復調装置において、受信信号に含まれる個々のスペクトル拡散信号に個別に割り当てられた拡散信号と該受信信号との相関値を検出する第0次の相関値検出手段と、前記第0次の相関値検出手段により検出された相関値を、個々のスペクトル拡散信号のシンボル毎に再度拡散することにより、該スペクトル拡散信号の複製干渉信号を作成する第1次の複製干渉信号作成手段と、前記受信信号から、前記複製干渉信号作成手段により得られた複製干渉信号を減じる減算手段と、前記減算手段から得られた干渉除去信号に対して、受信信号に含まれる個々のスペクトル拡散信号に個別に割り当てられた拡散信号との相関値を検出する第1次の相関値検出手段と、前記第0次の相関値検出手段と第1次の相関値検出手段との間に設けられた、 $0 < f < 1$ の係数 f を乗じる乗算手段とを具備し、前記第1次の複製干渉信号作成手段、減算手段、第1次の相関値検出手段、および乗算手段からなる相互干渉除去回路を少なくとも1段具備した点に特徴がある。